

CAMPO CONCEPTUAL ESTEQUIOMETRÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS. PARTE II: EL TRABAJO DE LABORATORIO EN UN CURSO UNIVERSITARIO

Autor

Nelson Martínez C.

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Decanato de Ingeniería Civil

e-mail: nelsonmartinez@ucla.edu.ve

Esmelkys Bonilla A.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Luis Beltrán Prieto Figueroa

e-mail: eiba75@yahoo.es

Eje temático: Docencia Universitaria

Resumen

Se presentan resultados de una investigación del desarrollo conceptual en un trabajo práctico referente al campo conceptual *estequiometría de las reacciones químicas* (CC-ERQ), llevado a cabo desde la perspectiva de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (1990) con estudiantes de segundo semestre de Ingeniería Civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). El referente teórico plantea que el desarrollo cognitivo depende de situaciones problemas y conceptualizaciones. Las situaciones permiten que el estudiante explicita los *invariantes operatorios* (IO) que son las que atribuirán sentido a los conceptos. El propósito fue evaluar el desarrollo conceptual del estudiante al explorar vínculos entre la estructura cognitiva y la estructura del campo conceptual construido desde la química, para luego describir niveles de conceptualización. Se propone una metodología que pretende favorecer el aprendizaje conceptual y procedimental a través de la inclusión de la V epistemológica de Gowin en los trabajos de laboratorio, utilizando la resolución de problemas como eje central del trabajo experimental. El diseño de la propuesta se basó en una investigación de campo, con enfoque interpretativo. Las fuentes de información fueron las producciones individuales y grupales, escritas y orales, generadas durante el desarrollo del laboratorio en tres (3) momentos fundamentales de la investigación. Los resultados confirman potencialidades de la teoría para abordar estos vínculos, que se manifiestan en el uso de IO para enfrentar situaciones que demandan una conceptualización, estas dan forma a representaciones del sistema químico. Se dio cuenta de una evolución conceptual aceptable enmarcada en cuatro tipologías de representación del CC-ERQ: Perceptivo-Intuitivo, Formalista-Algorítmico, Racionalista-Teórico y de Razonamiento Cuantitativo. Se evidencia además que el desarrollo del trabajo de laboratorio permitió a los estudiantes desarrollar una conceptualización más acorde y cercano al campo conceptual establecido desde la química.

Palabras claves: Estequiometría, Campos conceptuales, V Heurística

Abstract

Research results of an investigation of conceptual development are presented in a reference to the conceptual field stoichiometry of chemical reactions (CC-ERQ) practical work, carried out from the perspective of the theory of conceptual fields of Vergnaud (1990) with sophomores semester of Civil Engineering Lisandro Alvarado University (UCLA). The theoretical reference suggests that cognitive development depends on situations and problems conceptualizations. Situations allow the student explicit operative invariants (IO) are those that confer meaning to the concepts. The purpose was to evaluate the conceptual development of the student to explore links between cognitive structure and conceptual structure built from the chemical field, and then describe levels of conceptualization. a methodology that aims to promote the conceptual and procedural learning through the inclusion of epistemological V Gowin in laboratory work using problem solving as the core of the experimental work is proposed. The design of the proposal was based on field research, with interpretive approach. The sources of information were individual and group, written and oral productions, generated during the development of the laboratory in three (3) times fundamental research. The results confirm potential theory to address these links, manifested in the use of IO to face situations that demand a conceptualization, these shape representations of the chemical system. has an acceptable conceptual evolution framed in four types of representation of the CC-ERQ was given: Perceptive-Intuitively, formalist-Algorithmic, Rationalist-Theoretical and Quantitative Reasoning. It is further evidence that the development of laboratory work allowed students to develop a conceptualization more consistent and close to the conceptual field set from chemistry.

Keywords: Stoichiometry, conceptual Campos, V Heuristics

Introducción

Una actividad importante en los cursos de química a nivel universitario corresponde al trabajo de laboratorio (TL). La química por ser ciencia experimental, necesita de la observación y la verificación de los resultados como herramienta fundamental sobre las que se construye su marco conceptual. La investigación ha mostrado que los TL que se realizan en muchos cursos universitarios manifiestan poca relación con el aprendizaje significativo de conceptos, centrándose fundamentalmente en el aprendizaje de técnicas y procedimientos (Pérez y Jiménez-Aleixandré, 2015).

Bajo la premisa de que el laboratorio ayuda a la teoría, generalmente se espera que los estudiantes experimenten directamente con los objetos o fenómenos y a partir de allí, apliquen los conocimientos estudiados en las clases teóricas. En este sentido, los TL se convierten en una actividad basada en la recolección de datos que no tienen discusión y los estudiantes no saben el por qué, ni para qué realizan lo señalado en un recetario llamado guía de laboratorio (Jiménez et al, 2006).

Vista esta problemática, se hace necesario que estos trabajos estén direccionados a favorecer en los estudiantes un marco teórico-práctico donde estén integrados los diferentes aspectos del conocimiento químico, sin limitarse a una elemental ilustración de la teoría. Los autores consideran que se debe aplicar modelos de enseñanza que permitan la construcción de los conceptos centrales del tema en estudio a partir de una situación problemática, en la cual, los contenidos teóricos y experimentales estén en permanente relación e interdependencia.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el desarrollo conceptual de estudiantes de la asignatura química de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado al llevar a cabo un trabajo de laboratorio, referente al *campo conceptual estequiometría de las reacciones químicas (CC-ERQ)*. La concepción del trabajo de laboratorio se enfoca bajo el referente teórico de los campos conceptuales de Vergnaud (1990, 2009), como una actividad de construcción de esquemas cognitivos centrado en el aprendizaje de aspectos conceptuales y

procedimentales, en relación con la resolución de problemas experimentales en términos de los conocimientos en acción (invariantes operatorios), que se activan internamente durante el proceso de solución del problema.

Según Greca y Moreira (2000), en este referente los conceptos se consideran constituidos por tres conjuntos: a) las *situaciones* que dan sentido al concepto (referente), b) los invariantes operatorios (*conceptos en acción, CEA y teoremas en acción, TEA*) que permiten actuar ante situaciones y dan significado al concepto, y c) las *representaciones simbólicas* (significante) que permiten representar al concepto y a las propiedades asociadas. Los estudiantes van desarrollando sus conceptualizaciones ante cada situación problemática, poniendo en evidencia aspectos de estos elementos.

Los invariantes operatorio (*IO*) representan elementos que orientan al individuo en la selección de la información relevante al enfrentar una situación. En la enseñanza, son estos aspectos los que interesa indagar, clasificar y jerarquizar según su nivel de exigencia en el campo conceptual. Estos contienen una parte explícita que se apoya en una conceptualización implícita, que no es ni verdadera ni falsa, tan sólo resulta ser operatoria para enfrentar los problemas. El resultado de esta deducción sería que con el progresivo dominio de un campo conceptual, los teoremas y conceptos -en-acción (TEA y CEA), ampliamente implícitos y propios del estudiante, se vayan aproximando a los teoremas y conceptos aceptados científicamente (proposiciones explícitas).

Se percibe entonces con estas bases, que el aprendizaje es progresivo y necesita una relación dialéctica entre la conceptualización y la resolución de situaciones para el dominio de un campo conceptual. Esto supondría que a medida que se va resolviendo un problema en el laboratorio en crecientes niveles de complejidad, más conceptualiza el sujeto y viceversa, y en esa dialéctica, los conceptos se quedan más elaborados, más diferenciados y más capaces de dar significados a nuevos conocimientos.

Andrés y Pesa (2004), consideran que el trabajo de laboratorio es una actividad compleja donde los contenidos teóricos y experimentales deberían estar en permanente relación e

interdependencia (los aspectos metodológicos adquieran significado en el marco de modelos teóricos asumidos o contruidos). Esta perspectiva considera el TL enmarcado en situaciones problematizadas, se supone que si un estudiante se enfrenta a situaciones problema, en primera instancia, se generará la necesidad de construir un esquema que incluiría conceptos y principios, del cual, se suscitaría un conjunto de acciones a ejecutar.

Según estas consideraciones, el TL debería orientarse por un lado, a un plan general que refleje la naturaleza de las ciencias y el proceso de producción de conocimiento propio de ella (aspectos o habilidades metodológicas), y por otro lado, el marco conceptual necesario para abordar el problema en estudio. En consecuencia, se pueden utilizar herramientas o recursos didácticos para la organización, evaluación y análisis del desarrollo conceptual del estudiante. En este trabajo se propone una metodología que pretende favorecer el aprendizaje conceptual y procedimental a través de la inclusión de la V epistemológica de Gowin (Novak y Gowin, 1988).

Muchos trabajos se ha realizado en la enseñanza de las ciencias y en particular de la química con esta herramienta, fundamentalmente aplicados a la actividad de laboratorio (Insausti y Meriño, 2000; Salcedo et al, 2005). En resumen, esta estrategia coloca el marco metodológico y el marco conceptual del TL en interacción, donde el entendimiento del fenómeno químico va a la par con la producción del conocimiento.

Andrés, Pesa y Moreira (2006) presentan un modelo elaborado para la comprensión de los procesos cognitivos en un trabajo de laboratorio de física. En este modelo, el trabajo de laboratorio estaría dirigido al aprendizaje bajo la interrelación teoría-práctica, teniendo en cuenta que en el laboratorio predomina el aprendizaje del marco metodológico (MM: registros, transformaciones y afirmaciones de valor) en interrelación insoluble con algún marco teórico (MT: conceptos, principios y teorías) de referencia asociado a una situación o problema. En la dinámica del TL, se deberían identificar tareas de diversos tipos que demanden una variedad de conceptualizaciones para su ejecución, por lo que, el enfoque propuesto para los TL en esta investigación, se orientó con base a un plan general derivado de este modelo utilizando la herramienta heurística descrita por Gowin.

El TL en la enseñanza de la química. Propuesta de trabajo

Desarrollar el CC-ERQ implica poder tener la capacidad de relacionar la tarea de aprendizaje con la estructura cognitiva durante la resolución de problemas, pero además, desenvolverse a lo largo de tres dominios de significados en química: el macroscópico, microscópico y el simbólico (Johnstone, 1991). No obstante, el tránsito en estas representaciones involucra una alta demanda conceptual, donde se debe aprender a considerar las reacciones químicas como conversión de unas sustancias en otras en un proceso de reordenamientos de partículas, aparte de su representación simbólica en términos de ecuaciones y formulas químicas, para luego inferir cuantitativamente las relaciones entre las sustancias que intervienen en dicha reacción.

El mismo autor indica que el docente primeramente debe introducir el fenómeno químico desde el punto de vista macroscópico, para que los estudiantes se apropien de referentes empíricos. Una vez asimilado, la enseñanza ha de ayudar a que los estudiantes puedan emitir hipótesis atómicas que expliquen microscópicamente el comportamiento químico de las sustancias en las reacciones químicas. Se considera que la profundidad del desarrollo conceptual se dará, en la medida en que se interrelacionen simultáneamente estos tres niveles de representación.

En este sentido se propone una serie de actividades para orientar el desarrollo de un TL. La figura 1, indica las actividades generales realizadas en el laboratorio de química derivadas de esta perspectiva: Fase I. Presentación macroscópica y análisis conceptual del problema; II. Discusión de diseño experimental; III. Recolección y evaluación de datos; IV. Transformación y Análisis de datos; V. Conclusiones y divulgación. Siempre considerando las representaciones microscópicas y simbólicas.

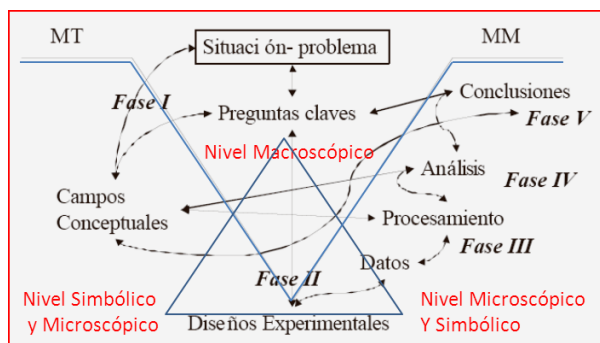


Figura 1. Actividades para orientar el desarrollo de un trabajo de laboratorio en química referente al CC-ERQ. (Autores)

Contexto Metodológico

El presente estudio se ubica básicamente en una investigación de campo de carácter interpretativo. En general sugiere que a través de la observación participativa se comprende el proceso de asignación de significados a las respuestas y hechos en la interacción social, y en lo particular, se obtienen resultados que permiten dar cuenta del desarrollo conceptual del estudiante a través de una propuesta de enseñanza centrada en la resolución de problemas en un TL relativos al CC-ERQ.

Este trabajo se realizó en el marco de un proyecto (005RIC-2014) registrado en el CDCHT - UCLA. Entre las tareas se incluyen; seleccionar y clasificar situaciones de aprendizaje (delimitación del campo conceptual), compilar datos sobre procedimientos y otras formas de acción a través de las cuales los estudiantes expresan su raciocinio. La primera etapa de este enfoque metodológico ha sido presentada en un trabajo previo (Martínez y Bonilla, 2015).

Los datos relevantes de la investigación corresponden a la diversidad de *IO* que se explicitan durante la instrucción, lo cual se deriva en elementos de búsqueda indagatoria que se orientan con la pregunta: ¿Qué Invariantes Operatorios activan los estudiantes del curso Química de la UCLA-DIC ante las diferentes tareas que demandan las situaciones problemas del CC-ERQ planteadas en un TL? Los sujetos estuvieron conformados por un grupo de

estudiantes con edades comprendidas entre 17 y 20 años. Participaron de manera voluntaria doce (12), ocho (8) de sexo femenino y cuatro (4) masculino, todos cursantes de la asignatura química del II semestre en el lapso II-2014.

Según el enfoque teórico asumido, Bonilla (2006) plantea que se pueden identificar tres momentos importantes del proceso para la recolección de información. Estos pueden ser al inicio, durante el proceso de conceptualización y al final del ensayo:

I. Identificación de los invariantes operatorios (IO) de los estudiantes al inicio del estudio. El estudio se inició con la aplicación de un pre-laboratorio comprendido por dos problemas conceptuales presentados en Martínez y Bonilla (2015), y una situación abierta acerca de la combustión de una vela. Se propuso que cada estudiante enfrentase inicialmente a las situaciones y expresara por escrito sus ideas acerca de lo propuesto, posteriormente, el estudiante las presentaba y argumentaba en el grupo de trabajo. Los resultados obtenidos hasta este momento permitieron identificar el nivel de desarrollo conceptual inicial de los estudiantes, se quería saber entre otras cosas, si el estudiante relacionaba los estados inicial y final que se alcanza en un cambio químico, si lograba relacionar el nivel simbólico (ecuación química balanceada) con el nivel microscópico representado por un diagrama de partículas. Las respuestas de cada estudiante se analizaron y clasificaron en categorías empíricas jerarquizadas en búsqueda de los *IO*. En este sentido, los *TEA* se agruparon en tres (3) categorías: los asociados al CC establecido (*ACC*), los que utilizan términos científicos pero resultan incompletos desde el CC establecido (*IaCC*) y los no asociados al CC establecido (*NACC*).

II. Proceso de conceptualización (Teórico-práctico). De acuerdo a los *IO* identificados, el docente planificó el TL en atención de la propuesta de enseñanza. Las notas de campo recabadas durante este momento, se registraron tanto en los registros anecdóticos, como en el reporte del trabajo que fue sugerido en términos de los elementos de elaboración de la V de Gowin. Se plantearon dos problemas experimentales a) Reacción de descomposición del Clorato de Potasio (KClO_3). Se esperaba que el estudiante estableciera

relaciones estequiométricas y aplicase conceptos y principios para inferir la cantidad de reactivo consumido y productos resultantes, y b) la reacción entre el vinagre y el Alka- Seltzer^R. Se espera que el estudiante diseñase un experimento donde se demostrara la cantidad de Carbonato de sodio que presenta el antiácido al aplicar los conceptos de Reactivo limitante, reactivo en exceso y rendimiento de una reacción química. Estos procesos permitirían obtener evidencias respecto a las representaciones, los conceptos y teoremas-en-acción utilizados por los estudiantes.

III. Evaluación del aprendizaje final. Se aplicó en forma escrita la evaluación final, equivalente a las situaciones del pre- laboratorio, y la entrega del reporte final a través de la construcción de la V de Gowin, con la intención de contrastar resultados y poder evidenciar el desarrollo conceptual ocurrido. Se resumieron diferentes tipologías de representación del *CC-ERQ* correspondientes a la detección de los esquemas explicativos de las situaciones estudiadas: A) Esquemas de representación Perceptivo – Intuitivo (*ERPI*). En esta categoría están comprendidas las ideas que corresponden a las impresiones inmediatas, las ideas resultantes de una reflexión subjetiva hecha a partir de la experiencia empírica relacionada con un fenómeno particular. Este *referente empírico* da la visión macroscópica centrada en aquellas propiedades de las sustancias vistas como un todo común y se sintetizan en conceptos como la *masa*, el *peso* o el *volumen*. B) Formalista-Algorítmico (*ERFA*), se caracteriza por el uso de algoritmos y fórmulas matemáticas para el análisis de los procesos, sin implicar un completo entendimiento de las relaciones conceptuales involucradas. Los alumnos utilizan la expresión simbólica de una ecuación química, pero no presentan una comprensión clara de lo que esta representa. C) Racionalista- Teórico (*ERRT*). Comprende las ideas asociadas especialmente con la visión atomista-molecular que explica los procesos químicos mediante procesos de abstracción reflexiva a partir de un modelo teórico. Esto implica la necesidad de establecer relaciones entre los tres niveles de representación de la materia. Por último el D) Esquemas de razonamiento cuantitativo (*ERC*), aquí se espera que resuelva problemas estequiométricos entendiendo que los coeficientes de una ecuación química balanceada definen las relaciones matemáticas entre los reactivos y productos, y pueda expresar gráficamente la evolución del sistema químico.

Análisis de Resultados y Discusión

Se analiza el desarrollo conceptual de los estudiantes en relación con el estudio del CC-ERQ en términos de conceptos en acción, teoremas en acción que activan y construyen durante la resolución de situaciones problemáticas en el laboratorio. Los estudiantes se identificaron con las siglas: E (estudiante) seguida de dos letras que corresponden a su nombre y apellido por ejemplo EGC. A continuación solo se muestran algunos de los resultados obtenidos al inicio y al final de la investigación.

Identificación de los invariantes operatorios al inicio del estudio. El cuadro 1 presenta los resultados de la evaluación inicial (pre-laboratorio).

<i>Categoría de los TEA</i>	<i>Descripción</i>	<i>Estudiantes que comportan el IO</i>
Asociados al CC establecido (AAC)	1. Una ecuación química es un enunciado en fórmulas que expresan las identidades y cantidades de las sustancias presentes en el cambio químico (reacción química). En estos cambios siempre está presente un reordenamiento de los átomos.	EAR, EDO, ESG, EVC, EEV, ELR, ECS,ERS
	2. Debe cumplir con: la misma cantidad y tipos de átomos de los reactivos debe ser la misma de los productos. Estos pueden ajustarse a través de coeficientes, los cuales son números enteros (ecuación balanceada).la identidad (formulas) de los compuestos nunca podrán ser cambiadas en la ecuación química balanceada.	EAR, EDO, ESG
	3. Al cociente entre dos coeficientes estequiométricos se le denomina razón estequiométrica, y es un parámetro constante La estequiometría se basa en que existen relaciones fijas de masa: La cantidad de una sustancia está relacionada, o es equivalente estequiométricamente (EEq), con cualquiera de las demás.	EAR, EDO
	4. El reactivo que se consume primero en una reacción química se denomina RL. Este determina la cantidad máxima de productos que se formará.	Ninguno
	5. El RE es o son los reactivos que se encuentran en mayor cantidad que la necesaria para reaccionar con la cantidad de RL	Ninguno
	6. La cantidad de producto que se obtendrá si reacciona totalmente el RL se denomina RT de una.	Ninguno
	7. Se denomina RR de una reacción química a la cantidad de producto real o experimental que se obtiene en una reacción. Raramente el RR coincide con el RT.	Ninguno
	8. La mayoría de las reacciones no reaccionan totalmente. el %r. es el RR expresado como un porcentaje de RT	Ninguno
Términos científicos incompletos (IaCC)	9. Los cambios que experimentan las sustancias vienen determinados por el cambio de sus características externas, es decir coinciden con los cambios macroscópicos de las sustancias estudiadas:	Todos excepto: EAR, EDO, ELB
	10. La conservación o no de la materia depende de las características observables del sistema. Se debe fijar en lo que se transforma, no en lo que se conserva.	Todos excepto: EAR, EDO, EJC
	11. En una reacción química la relación del número de moléculas es idéntica que la relación de masas, o la relación de masas molares los reactivos es igual que su relación de masas.	Todos excepto: EAR, EDO, EJC
No asociados (NACC)	12. Un sistema donde reaccionan dos sustancias, cualesquiera que sean las cantidades referidas, todos los reactivos reaccionan en las proporciones 1:1	EVC,EEV,EHH, ELR, ECS
	13. Una reacción química es un proceso en el que unas sustancias se añaden a otras para obtener un producto que es la suma de las anteriores.	ELR, ECS ELR, ECS, EWP

Cuadro 1. Identificación de algunos Invariantes Operatorios (TEA) activados durante el pre-laboratorio por los doce (12) estudiantes (las siglas identifican a los estudiantes).

En cuanto a los *IO* encontrados, se puede notar que los estudiantes utilizan los *CEA* con significados que varían de acuerdo a las situaciones en la que los utilizan, encontrándose que en algunos casos el significado dado no se corresponde con lo aceptado desde la ciencia. Al realizar el análisis del total de *TEA* evidenciados en el pre-laboratorio, se puede decir que la mayoría de los estudiantes manifestaron los que corresponden al *TEA.1* asociados al campo conceptual establecido. Estos están relacionados a los tipos de situaciones que corresponden a los siguientes conceptos: Reacción química y Ecuación química. Balanceo de una ecuación química (coeficientes). Igualmente, solo los estudiantes *EAR*, *EDO*, *ESG* presentaron *IO* relacionados a los *TEA.2* y *TEA.3* asociados con conceptos a la ley de conservación de la masa (*LCM*) y ley de las proporciones definidas (*LPD*).

Para los *IO* 4, 5, 6, 7 y 8 no se encontró ningún esquema aportado por los estudiantes donde se evidencie dominio de situaciones donde el estudiante aplique conceptos relacionados a: Reactivo limitante (*RL*) y reactivo en exceso (*RE*) Rendimiento teórico (*RT*), Real (*RR*) y porcentaje de rendimiento (*%r*) de una reacción. Se observó además, que entre los *TEA* utilizados por los estudiantes tres (3) resultaron ser términos científicos incompletos al campo conceptual establecido (*IaCC*). Aquí, como se ha dicho la mayoría de los estudiantes pudieron identificar en las ecuaciones (nivel simbólico) los conceptos de reactivo y productos. Sin embargo, al abordar otros problemas equivalentes, no pueden explicar (macroscópica ni microscópicamente) lo que cambia del sistema, ni lo que permanece. Se fijan exclusivamente en lo que se transforma, no en lo que se conserva. Razonamiento para la *TEA.9* y *TEA.10*.

Por otra parte, entre los *TEA* utilizados dos (2) plantean conceptos no asociados al campo conceptual establecido (*NACC*). Para el caso de los *TEA.12* y *TEA.13* cuando se propone un sistema donde reaccionan dos sustancias ningún estudiante mostró esquemas para abordar situaciones donde exista la posible excedencia o insuficiencia de uno de los reactivos. Muchas veces, aplicando un razonamiento intuitivo consideran que uno de los reactivos familiares a su entorno es el que se termina primero, o eligen aquellos cuya proporción de masa o de cantidad de materia es menor o siempre consideran que las relaciones proporcionales entre los reactivos es 1:1.

Invariantes operatorios mostrados al final del estudio. Tras ser analizados los *TEA* manifestados por los estudiantes durante el proceso de conceptualización, en la evaluación final y en los reportes finales, se agruparon en las diferentes tipologías indicadas anteriormente. Los estudiantes *EAR*, *EDO*, *ESG*, *ELB*, *EVC*, *EEV*, *EHH* y *ECS* evidenciaron mayor grado de evolución en las conceptualizaciones con el trabajo realizado. Algunos resultados pueden observarse en el cuadro 2.

<i>Esquemas de representación</i>	<i>Descripción en términos de TEA asociados al campo conceptual establecido (ACC)</i>	<i>Estudiantes que comportan</i>
Perceptivo – Intuitivo (<i>ERPI</i>)	1. Los cambios que experimentan las sustancias vienen determinados por el cambio de sus características externas, es decir, coinciden con los cambios macroscópicos basados en evidencias perceptibles.	<i>Todos</i>
	2. en un sistema donde reaccionan dos sustancias, cualesquiera que sean las cantidades referidas, todos los reactivos reaccionan y aquellos cuya proporción de masa o de cantidad de materia es menor es la que se consume primero, el reactivo limitante es el compuesto con el menor coeficiente estequiométrico o con la menor masa en una ecuación balanceada.	<i>Todos</i>
Formalista- Algorítmico (<i>ERFA</i>)	3. Los cambios que experimentan las sustancias vienen determinados por los factores estequiométricos de la ecuación balanceada. 3.1 Se pueden comparar los coeficientes estequiométricos expresados en mol mediante reglas de tres. Se conocen tres datos que componen la proporción y se calcula un cuarto. 3.2 Se pueden comparar los coeficientes estequiométricos expresados en mol mediante factores de conversión. Las cantidades dadas deben ser dispuestas de manera que todas las unidades se cancelen a excepción de la unidad deseada.	<i>Todos</i> <i>EAR, EDO, ESG, ELB, EVC, EEV, EHH, ELR y ECS</i>
Racionalista- Teórico (<i>ERRT</i>)	4. Dado sistema inicial formado por átomos aislados o moléculas de elementos iguales o diferentes, las sustancias se combinan en proporciones definidas. Los átomos se reordenan para formar compuestos diferentes a los iniciales conservando su masa.	<i>EAR, EDO, ESG, ELB, EVC, EEV, EHH y ECS</i>

Cuadro 2. Identificación de algunos esquemas de representación activados durante la evaluación final por los doce (12) estudiantes (las siglas identifican a los estudiantes).

Esquemas de representación	Descripción en términos de TEA asociados al campo conceptual establecido (ACC)	Estudiantes que comportan
Cuantitativo (ERC)	5. Al explicar la formación de una sustancia binaria AB a partir de los elementos A y B , se supone que la proporción en masa $m(A)/m(B)$ se puede expresar en función de la proporción del número de entidades elementales respectivas $N(A)/N(B)$ y de la proporción de las masas de las entidades $ma(A)/ma(B)$ entonces: $m(A)/m(B) = N(A)/N(B) \times ma(A)/ma(B)$	$EAR, EDO, ESG, ELB, EVC, EEV, EHH, ECS$ EWP y ERS
	6. se puede utilizar graficas para establecer las relaciones proporcionales entre dos sustancias que estén reaccionando, así, podemos relacionar variables que permitan calcular las cantidades de reactivo en exceso y limitante a lo largo de una reacción.	$EAR, EDO, ESG, ELB, EVC, EEV, EHH$ y ECS

Cuadro 2. (Cont.) Identificación de algunos esquemas de representación activados durante la evaluación final por los doce (12) estudiantes (las siglas identifican a los estudiantes).

Se pudo observar que para la mayoría de los estudiantes, hubo una conceptualización más acorde y cercana al campo conceptual establecido desde la química. Al realizar el análisis se puede decir que todos los estudiantes mostraron *TEA* asociados al esquema de representación Perceptivo – Intuitivo (*ERPI*). Igualmente pudieron transformar el lenguaje verbal propuesto en algunos enunciados con el lenguaje simbólico al cual se necesitaba representar las reacciones químicas.

En cuanto a los esquemas de representación *Racionalista- Teórico (ERRT)* $EAR, EDO, ESG, ELB, EVC, EEV, EHH$ y ECS consideran que durante las reacciones o fenómenos químicos, sí se producen modificaciones atómicas en las sustancias presentes en el sistema. Por otra parte, La mayoría de los estudiantes logran establecer la información cuantitativa que proporciona una ecuación química balanceada, es decir, construye el principio que explica que los coeficientes en una ecuación química balanceada definen las relaciones matemáticas entre los reactivos y productos.

Todos los estudiantes pudieron aplicar un razonamiento algorítmico para comparar los coeficientes estequiométricos expresados en mol mediante reglas de tres, y la mayoría también utilizó factores de conversión en la resolución de problemas. Se destaca la imperativa utilización de la primera estrategia de razonamiento proporcional.

Los estudiantes $EAR, EDO, ESG, ELB, EVC, EEV, EHH$ y ECS fueron capaces de utilizar graficas para establecer las relaciones proporcionales entre dos sustancias que estén reaccionando, y así, relacionar variables que permitan calcular las cantidades de reactivo en exceso y limitante a lo largo de una reacción. Considerándose esta capacidad, como la de mayor desarrollo conceptual dentro del CC-ERQ.

Los resultados obtenidos permiten emitir conclusiones en dos sentidos. Por una parte generalidades de los conceptos desarrollados; y por otro lado, conclusiones acerca de la propuesta de enseñanza. Así, los estudiantes ante problemas en el laboratorio, relacionadas con el CC-ERQ activan esquemas en sus estructuras cognitivas. Estos esquemas, en algunos casos suelen ser diferentes aun cuando las situaciones planteadas sean equivalentes desde la ciencia. Del mismo modo, los alumnos en su mayoría mostraron rasgos de evolución en sus conceptualizaciones con una aproximación desde la química y de acuerdo al campo conceptual establecido.

Los alumnos utilizaron diferentes estrategias para resolver los problemas, estas son algebraicamente equivalente (reglas de tres, factores

de conversión), conformándose un esquema para abordar la situación, acompañado de una combinación de representaciones con diferentes categorías, siendo las de nivel conceptual más alto, las de carácter cuantitativo y gráfico. Así mismo, Un desarrollo optimo en los aspectos teórico proporciona a los estudiantes la capacidad de reflexionar sobre la importancia de la reacciones química basado en modelos de partículas y permite el uso de más herramientas conceptuales y procedimentales en los cálculos estequiométricos.

La metodología empleada para la evaluación del nivel de desarrollo conceptual de los estudiantes ante situaciones problemas del *CC-ERQ* planteadas en un TL, parece ser pertinente en el contexto de un curso de química general. La propuesta, resultó ser útil para la explicitación de los *IO* de los estudiantes en relación a un campo conceptual establecido, mostrando con este grupo y en este período de tiempo gran potencialidad. Se recomienda conveniente partir del nivel experimental y vincular las observaciones realizadas con posibles representaciones simbólicas y explicaciones moleculares la idea de reacción química, de esta manera, los cálculos estequiométricos, sería gradualmente construida desde proposiciones, imágenes y modelos químicos adecuados.

REFERENCIAS

ANDRÉS, M. PESA, M (2004) "Conceptos-en-acción y teoremas-en-acción en un trabajo de laboratorio de física". Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências 4 (1): p. 61-86

ANDRÉS, M. PESA, M. MOREIRA, M (2006) "El trabajo de laboratorio en cursos de física desde la teoría de campos conceptuales" *Ciência y Educação*, vol. 12, núm. 2, agosto. pp. 129-142

BONILLA, E (2006) "Resolución de problemas desde la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud: Concepto de campo eléctrico" Trabajo especial de grado de maestría no publicado. UPEL- Instituto Pedagógico de Caracas.

GRECA, I. MOREIRA, M (2000) "Integrando modelos mentales y esquemas de asimilación. ¿Un referencial posible para la investigación en enseñanza de las ciencias?" Conferencia presentada en el I encuentro iberoamericano sobre investigación básica en educación en ciencias. Burgos. Universidad de Burgos.

PÉREZ, JIMÉNEZ-ALEIXANDRÉ, P (2015) "Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas (2012) ¿Cómo diversificar los trabajos prácticos? Un experimento ilustrativo y un

ejercicio práctico como ejemplos". Enseñanza de las ciencias. 33 (1): P.63-84

INSAUSTÍ, M. MERIÑO, M (2000) "Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de física y química". *Investigações em Ensino de Ciências*. 5(2): p.93-119

JIMÉNEZ VALVERDE, G. LLOBERA JIMÉNEZ, R. LLITJÓ VIZA, ANA (2006) "La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de abertura". *Enseñanza de las ciencias* 24(1), p.59-70

JOHNSTONE, A H (1991) "Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem". *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2): p.75-83.

MARTÍNEZ-CASTILLO, N. BONILLA, E (2015) "Campo conceptual estequiometría de las reacciones químicas. Parte I: Transposición didáctica en un curso universitario" *Revista REDINE*. Vol 8 (2). P. 49-73

NOVAK, J.D. GOWIN, D.B. (1988) "Aprendiendo a aprender". Barcelona, Martínez Roca. Traducción al español del original *Learning how to learn*.

SALCEDO, L. VILLARREAL, M. ZAPATA, P. RIVERA, J. COLMENARES, E. MORENO, S (2005) "Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química en educación superior". *Enseñanza de las ciencias*. Número extra. VII congreso iberoamericano enseñanza de las ciencias

VERGNAUD, G (1990) "La teoría de los campos conceptuales". *Recherches en Didactique des Mathématiques*. 2 (10): p.133-170

VERGNAUD, G (2009). "The Theory of Conceptual Fields". *Human Development*. (52): p. 83-94.